

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-039696

(43)Date of publication of application : 05.02.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 5/10

G02B 17/00

G03F 7/20

(21)Application number : 2002-191282

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 28.06.2002

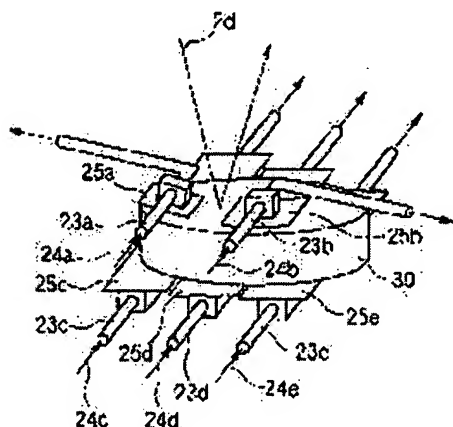
(72)Inventor : MIYAJIMA GIICHI

(54) REFLECTION MIRROR DEVICE, ALIGNER, AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the temperature rise of a mirror used for a reflecting optical system in an aligner and maintain an accuracy of surface shape of a mirror reflection plane.

SOLUTION: A reflective mirror device used for the reflecting optical system in the aligner for exposure processing by guiding an exposure beam by reflection has a mirror 30 having a reflection plane for reflecting an exposure beam 2d, and radiation plates 25a to 25e for radiation cooling arranged apart from an external surface of the mirror 30. The radiation plates 25a to 25e are arranged so that a pass zone of the exposure beam entered to and reflected from the mirror 30 is secured. Each of radiation plates 25a to 25e is temperature controlled by coolant passing through cooling pipes 23a to 23e.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.12.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-39696

(P2004-39696A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int.Cl.⁷

F1

テーマコード(参考)

H01L 21/027

H01L 21/30 516E

2H042

G02B 5/10

G02B 5/10 A

2H087

G02B 17/00

G02B 17/00 Z

2H097

G03F 7/20

G03F 7/20 503

5F046

G03F 7/20 521

審査請求 未請求 請求項の数 14 OL (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-191282(P2002-191282)

(22) 出願日 平成14年6月28日(2002.6.28)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(72) 発明者 官島 義一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ

ヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2H042 AA25 AA32 DB02 DD05 DE07

最終頁に続く

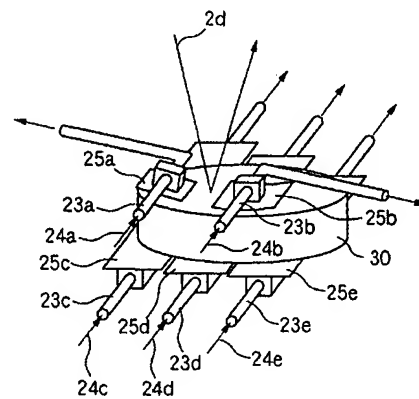
(54) 【発明の名称】 反射ミラー装置及び露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】露光装置の反射光学系に用いるミラーの温度上昇を抑え、ミラー反射面の面形状精度を維持する。

【解決手段】露光光を反射によって導いて露光処理を行なう露光装置の反射光学系に用いられる反射ミラー装置は、露光光2dを反射する反射面を有するミラー30と、ミラー30の外表面より離間して配置された輻射冷却用の輻射板25a～25eとを有する。ここで輻射板25a～25eはミラー30の反射面へ入射して反射する露光光の通過域を確保するように配置される。また、各輻射板25a～25eは、冷却管23a～23eを通る冷却液によって温度調節される。

【選択図】 図3A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

露光装置において、露光光を反射によって導く反射光学系を構成する反射ミラー装置であって、

前記露光光を反射する反射面を有するミラーと、
前記ミラーの外表面より離間して配置され、前記反射面へ入射して反射する露光光の通過域を確保して配置された輻射冷却用の輻射板と、
前記輻射板の温度調節をするための温調機構と
を備えることを特徴とする反射ミラー装置。

【請求項 2】

前記輻射板は複数に分離して配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 3】

前記通過域は、前記複数に分離された輻射板と輻射板の間に形成されることを特徴とする請求項 2 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 4】

前記輻射板は、前記ミラーの反射面とそれ以外の外表面とで分離されていることを特徴とする請求項 2 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 5】

前記複数に分離された輻射板の各々は、前記ミラーの外表面の形状に沿った形状を有し、
該ミラーより略一定の距離だけ離間して設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 6】

前記冷却機構は、前記複数に分離した輻射板の各々について個別に温度調節を行なうことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載の反射ミラー装置。

【請求項 7】

前記温調機構は冷却液あるいは冷却気体を循環させることにより前記輻射板の温度調節を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 8】

前記温調機構は、
前記ミラーの温度を計測する第 1 温度計と、
前記冷却液の温度を計測する第 2 温度計と、
前記露光光の発光制御情報に基づいて前記ミラーへ入射される露光光の光量を推定する光量推定手段と、
前記第 1 温度計及び前記第 2 温度計によって得られた温度情報と、前記光量推定手段によって推定された露光光量とに基づいて前記冷却液あるいは冷却気体の温度を制御する温度コントローラとを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 9】

前記第 1 温度計は前記ミラーより所定距離だけ離間して配置された放射温度計であることを特徴とする請求項 8 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 10】

前記温調機構は、
前記輻射板に装着された固体冷却素子と、
前記固体冷却素子を冷却するべく冷却液あるいは冷却気体を循環させる循環機構とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 11】

前記ミラーを収容する鏡筒と、
前記鏡筒に固定され、前記ミラーを該鏡筒内の所定位置に維持するミラー支持部材と、
前記鏡筒に固定され、前記輻射板を前記ミラーに対して所定位置に維持する輻射板支持部材とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 12】

前記ミラーを収容する鏡筒と、
前記鏡筒に固定され、前記ミラーを該鏡筒内の所定位置に維持するミラー支持部材と、
前記鏡筒とは分離された支持ベースに固定され、前記輻射板を前記ミラーに対して所定位置に維持する輻射板支持部材とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 13】

反射光学系によって露光光を導いて、原版上のパターンをウエハに転写する露光装置であって、

前記反射光学系に配置される反射ミラーが、請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の反射ミラー装置で構成されていることを特徴とする露光装置。 10

【請求項 14】

請求項 13 に記載の露光装置を用いて回路パターンを半導体基板上に形成することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造工程において用いられる露光装置に関し、特に、極紫外光を露光光源とした露光装置、及びその反射光学系に用いられる反射ミラー装置に関する。

【0002】

20

【従来の技術】

レチクルパターンをシリコンウエハ上に投影して転写する投影露光装置において、微細パターンの形成のために、13～14 nm 程度の波長の EUV 光（極紫外光：Extreme Ultraviolet）を露光光源として使用する装置が提案されている。このような極紫外光は、物体を透過する際の減衰が著しく、光学レンズを用いた光学制御系は用いることができない。従って、上記のような極紫外光を露光光源とした露光装置においては、真空内に配置した複数のミラー（反射光学系）によって露光光が制御される。

【0003】

このような、露光装置の反射光学系は、光源発光部からの露光光を反射型の原盤（以下、レチクル）へ導入する露光光導入光学系と、レチクルから反射した露光光によってウエハ上へ露光パターンを縮小投影する縮小投影光学系とを含み、それぞれの光学系に複数のミラーが配置される。図 10 は上記反射光学系に利用可能な、一般的な凹面タイプのミラーの形状を説明する図である。ここに示したものは反射面が凹面となっているが、凸面形状のミラーも用いられることはいふまでもない。光学系を形成するこれらのミラーは、蒸着あるいはスパッタによって Mo-Si の多層膜を形成することで反射面を構成し、光源からの露光光を反射する。 30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記ミラーにおける露光光の反射の際には、一面あたりの露光光の反射率は凡そ 70% 程度であり、残りはミラー母材に吸収されて熱に変換される。図 11 はミラーにおける温度上昇を説明する図である。図 11 に示すように、露光光反射エリアでは温度が +10～20℃ 程度上昇する。この結果として、熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用しても、露光光反射エリアで反射面の変位が 25 nm 程度、ミラー周辺部で反射面の変位が 50～100 nm 程度発生してしまう。 40

【0005】

一方、縮小投影光学系に配される投影光学系ミラー、露光光導入光学系に配される照明系ミラーや光源ミラーは、その反射面の形状精度（以下、面形状精度という）が 1 nm 以下程度であることが要求されている。従って、以上の説明から明らかなように、熱によるミラー反射面の変位によって、1 nm 以下程度という極めて厳しい面形状精度を補償することが不可能となってしまう。 50

【0006】

以上のようなミラーにおける面形状精度の悪化は、投影光学系の場合ウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を招く。例えば、照明系ミラーの場合は、マスクに対する露光光の照度低下及び照度ムラ悪化を招く原因となる。また、光源ミラーの場合であれば、光源の集光不良等による照度悪化を招く原因となる。これらは、総じて露光装置の露光精度及びスループット等の基本性能の劣化につながる。

【0007】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、露光装置の反射光学系に用いるミラーの温度上昇を抑え、ミラー反射面の面形状精度を維持可能とすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明による反射ミラー装置は、露光装置において、露光光を反射によって導く反射光学系を構成する反射ミラー装置であって、

前記露光光を反射する反射面を有するミラーと、
前記ミラーの外表面より離間して配置され、前記反射面へ入射して反射する露光光の通過域を確保して配置された輻射冷却用の輻射板と、
前記輻射板の温度調節をするための温調機構とを備える。

【0009】

また、本発明によれば、上記反射ミラー装置を反射光学系に用いた露光装置が提供される。更に、本発明によれば、そのよう露光装置を用いて半導体基板上に回路を形成する工程を有したデバイス製造方法が提供される。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【0011】

<第1実施形態>

図1は本実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。図1において、1は励起レーザーであり、光源の発光点となる光源材料をガス化、液化或いは噴霧ガス化させたポイントに向けてレーザーを照射して、光源材料原子をプラズマ励起することにより極紫外光を発光させる。本実施形態では、励起レーザー1としてYAG固体レーザー等を用いる。

【0012】

2は光源発光部であり、その内部は真空中に維持された構造を持つ。図2は光源発光部2の内部構造を示す図である。ここで、2bは光源であり、実際の露光光源の発光ポイントを示す。2aは光源ミラーであり、光源2bからの全球面光を発光方向に揃え集光反射し、露光項2dを生成する。光源ミラー2aは、光源2bの位置を中心とした半球面状のミラーとして配置される。2eはノズルであり、発光元素としての液化Xe、噴霧状の液化XeあるいはXeガスを光源2bの位置に配置させる。

【0013】

3は真空チャンバーであり、露光装置全体を格納する。4は真空ポンプであり、真空チャンバー3を排気して真空状態を維持する。5は露光光導入部であり光源発光部2からの露光光を導入成形する。露光光導入部5は、ミラー5a～5dにより構成され、露光光を均質化かつ整形する。

【0014】

6はレチクルステージであり、レチクルステージ6上の可動部には露光パターンの反射原盤である原盤6aが搭載されている。7は縮小投影ミラー光学系であり、原盤6aから反射した露光パターンをウエハ上に縮小投影する。縮小投影ミラー光学系7では、露光光がミラー7a～7eを順次投影反射し、最終的に規定の縮小倍率比でウエハ上に露光パターンが縮小投影される。

【0015】

10

20

30

40

50

8はウエハステージでありウエハ8aを搭載する。8aはウエハであり、原盤6a上の露光パターンが反射縮小投影されて露光されるSi基板である。ウエハステージ8はウエハ8aを所定の露光位置に位置決めする為に、XYZ、XY軸回りのチルト、Z軸回りの回転方向の6軸駆動可能に位置決め制御される。

【0016】

9はレチクルステージ支持体であり、レチクルステージ6を装置設置床に対して支持する。10は投影系本体であり、縮小投影ミラー光学系7を装置設置床に対して支持する。11はウエハステージ支持体であり、ウエハステージ8を装置設置床に対して支持する。以上のレチクルステージ支持体9と投影系本体10とウエハステージ支持体11により分離独立して支持された、レチクルステージ5と縮小投影ミラー光学系7との間、及び縮小投影ミラー光学系7とウエハステージ8との間は、相対位置を位置計測し所定の相対位置に連続して維持制御する手段（不図示）が設けられている。また、レチクルステージ支持体9と投影系本体10とウエハステージ支持体11には、装置設置床からの振動を絶縁するマウント（不図示）が設けられている。

【0017】

12はレチクルストッカーであり、装置外部から一旦装置内部に原盤6a（レチクル）を保管する。レチクルストッカー12では、保管容器に密閉状態で異なるパターン及び異なる露光条件に合わせたレチクルが保管される。13はレチクルチェンジャーであり、レチクルストッカー12から使用すべきレチクルを選択して搬送する。

【0018】

14はレチクルアライメントユニットであり、XYZ及びZ軸周りに回転可能な回転ハンドを有する。レチクルアライメントユニット14は、レチクルチェンジャー13から原盤6aを受け取り、レチクルステージ6の端部に設けられたレチクルアライメントスコープ15の視野内に180度回転搬送し、縮小投影ミラー光学系7を基準に設けられたアライメントマーク15aに対して原盤6a上をXYZ軸回転方向に微動してアライメントする。すなわち、XYシフト方向及びZ軸回転方向に原版6aを微動調整することにより、アライメントマーク15aのマークに対して対応する原盤6a内のアライメントマークを合わせる。こうして、レチクルステージに原版を固定する際に、投影系基準で原版がアライメントされる。アライメントを終了した原盤6aはレチクルステージ6上にチャッキングされる。

【0019】

16はウエハストッカーであり、装置外部から一旦装置内部にウエハ8aを保管する。ウエハストッカー16では、保管容器に複数枚のウエハが保管されている。17はウエハ搬送ロボットであり、ウエハストッカー16から露光処理すべきウエハを選定し、ウエハメカブリアライメント温調機18に運ぶ。18はウエハメカブリアライメント温調機であり、ウエハの回転方向の送り込み粗調整を行うと同時に、ウエハ温度を露光装置内部の温調温度に合わせ込む。19はウエハ送り込みハンドであり、ウエハメカブリアライメント温調機18にてアライメント及び温調されたウエハをウエハステージ8に送り込む。

【0020】

20及び21はゲートバルブであり、装置外部からレチクル及びウエハを挿入するゲート開閉機構である。22も同じくゲートバルブで、装置内部でウエハストッカー16及びウエハメカブリアライメント温調機18の空間と露光空間とを隔壁で分離し、ウエハを搬送搬出するときのみ開閉する。このように、隔壁で分離することにより、装置外部との間でウエハを搬送搬出する際に、大気開放される容積を最小限にし、速やかに真空平行状態に戻すことを可能にしている。

【0021】

光源発光部2からの露光光を導入成形する露光光導入部5のミラー5a～5d及び縮小投影ミラー光学系7のミラー7a～7eは、Mo-Siの多層膜を蒸着あるいはスパッタにより形成した反射面を有し、それぞれの反射面で光源からの露光光を反射する。その際、ミラー反射面の反射率は凡そ70%程度で残りはミラー母材に吸収され熱に変換される。

この結果、図9を参照して上述したように、露光光反射エリアでは温度が $+10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 程度上昇する。そして、この温度上昇により、たとえ熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用しても、ミラー周辺部で反射面の変位が $50 \sim 100\text{nm}$ 程度発生してしまう。従って、 1nm 以下程度の極めて厳しい面形状精度が要求される光源発光部2、露光光導入部5及び縮小投影ミラー光学系7における各ミラーの面形状精度を補償出来なくなる。

【0022】

このように、ミラーの面形状精度が悪化すると、投影光学系の場合ウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を招き、露光光導入部5によってマスクへ照射される露光光の照度低下、及び照度ムラの悪化を招く。また抗原発生部2における光源ミラー2aにおいて面形状精度が悪化した場合には光源の集光不良等が生じ、やはり照度悪化を招く結果となる。

【0023】

本実施形態では、上記ミラー発熱の問題を解決する為にミラー冷却機構を設け、ミラーにおける温度上昇を抑制し、ミラーの面形状精度を維持する。なお、ミラーの形状は各部位で異なる為、本実施形態では円筒凹面ミラーに対する冷却機構を代表例として示す。すなわち、以下に説明する冷却機構が光源発光部2、露光光導入部5、縮小投影ミラー光学系7の各ミラーに設けられることになる。

【0024】

図3Aは第1実施形態によるミラー冷却機構を装備したミラーの概観を示す図である。図3Bは図3Aに示すミラー及び冷却機構が鏡筒に収容された状態を説明する概略断面図である。図3A、Bに示されるように、ミラー30の露光光反射部位の近傍から離間して、輻射板25a～25eが設けられている。なお、輻射板25a、25bはミラーの凹面形状に対応した球面輻射板となっている。また、輻射板25a～25eのそれぞれには、冷却管23a～23eが接合され、各輻射板に最適化された温調冷媒である冷却液24a～24eが供給/回収される。なお、本実施形態では冷却液を循環させるが、他の冷媒、例えば冷却気体であってもよいことは言うまでもない。

【0025】

また、図3Bに示されるように、円筒凹面ミラーはミラー鏡筒31内にミラー30がミラー支持体32を介して支持される。また、輻射板25a、25bは輻射板支持体25gによって、輻射板25c～25eは輻射板支持体25fによって、ミラー鏡筒31内に支持される。このとき、ミラー30の反射面に対して入射及び出射する露光光2dの通過領域が、輻射板25aと輻射板25bの間に確保される。

【0026】

図4はミラー温調システムを示すブロック図である。図4において、26は液温度検出部であり、冷却液24a～24eがミラー30の熱を輻射により冷却した後の、排出された各冷却駅の温度を検出する。27はミラー温度検出部であり、ミラー30に装着された温度計27aにより、ミラー30の表面温度をモニタする。28は冷却液温調機であり、循環する冷却液24a～24eを目標温度に制御する。29は露光/光量制御部であり、露光光の発光タイミング及び露光量を制御する。なお、ミラー温度検出部27に温度情報を与える温度計27aは、ミラー30の複数箇所に設けてもよい。

【0027】

このような構成で、ミラー30の表面温度をミラー温度検出部27により計測し、同時に液温度検出部26により排出された冷却液24a～24eの温度を検出する。さらに、露光/光量制御部29からミラー30へ照射される露光光量情報が検知される。冷却液温調機28は、これら各部からの検出信号、露光光量情報に基づいて冷却液24a～24eの目標温度を決定し、冷却液24a～24eを目標温度に制御する。

【0028】

また、複数の輻射板を個別に温調するので、温度計27aを各輻射板の近傍のミラー表面に設けることが望ましい。一方、温度計27aを1つ或いは輻射板の数よりも少なく設ける場合は、予めミラー上の温度分布がどの様になるかを測定しておき、測定された温度が

ら複数箇所の温度を推測する。すなわち、ミラー面内の温度分布を予めテーブル化しておき、ミラーの温度測定結果とその測定箇所からミラー面内の温度分布を予測して、冷媒温度を決定してそれぞれの輻射板の温調を行う。

【0029】

また、上記冷却液温調機28は、各輻射板の冷却液の目標温度を、ミラー温度を目標温度（例えば23°C程度）にするための冷却液温度を予測し、冷却液の温調を行なう。温調制御としては、ミラー温度変化を検出して、液温をフィードフォワード制御する例が挙げられる。また、その制御値の制御例は次のようになる。すなわち、

(1) ミラー温度検出部27によるミラー温度の計測、及び液温度検出部26によるミラー冷媒の出口側温度の計測を行なう。 10

(2) (1)の計測結果からミラーと冷媒の温度変化量と変化速度（ミラー温度或いは冷媒温度の時間あたりの変化量）を算出。

(3) (2)の算出結果に基づいて、ミラー温度を目標時間内に目標温度に導くために必要な冷却速度を求め、冷却速度に基づいて供給冷媒に対する設定温度（供給冷却冷媒設定温度）を決定するとともに、変化速度を算出。

(4) (3)で求めた設定温度と変化速度に基づいて冷却液温調機28における冷却液の温度司令値を決定。

(5) (1)～(4)をリアルタイムに実行する。

なお、露光／光量制御に関する情報は、(4)における温度司令値の決定に際し、露光光量の増減分の温度変化予測値を補正係数の形で加味する。 20

【0030】

冷却温調機28によって目標温度になった冷却液24a～24eは、冷却管23a～23eを流れ、輻射板25a～25eを適正温度に冷却する。こうして、ミラー30は、露光光の反射部位から離間し、ミラー30の近接位置に配された輻射板25a～25eの表面温度とミラー30の表面温度との差により輻射冷却される。

【0031】

図5は、輻射板25a～25eによる温調状態でのミラー表面の温度分布を示す図である。ここで、冷却管23a～23eに流す冷却液24a～24eは、冷却液温調機28によってそれぞれに最適化された温度に調整されており、図示の例では、冷却液24a、24bは液温が5°C程度に、冷却液24c、24dでは液温が10°C程度に、冷却液24eでは液温が15°C程度に設定されている。 30

【0032】

このように、輻射板25a～25eの各々に最適化された液温の冷却液24a～24eを流すことにより、露光光反射エリアの高温部で温度上昇が+2°C程度に抑えられ、従来の温度上昇+10～20°Cと比較して大幅に温度上昇が抑えられている。さらに、ミラー裏面の表面温度も、従来の+5～3°C程度の上昇から、+1°C程度の微上昇に抑えられている。この結果、ミラー全体の温度上昇は1～2°C以内に抑えられ、ミラー自身の熱歪みが減少し、面形状精度が1nm以下程度に安定化する。

【0033】

なお、第1実施形態で説明したミラー温調システムでは、ミラー温度検出部27としてミラー母材に物体温度計を設けたが、ミラーの温度を検出する手段はこれに限られるものではない。例えば、ミラーから離間した位置に放射温度計測を設けてミラー温度を計測するようにしてもよい。 40

【0034】

<第2実施形態>

第2実施形態による冷却機構を図6に示す。図6において第1実施形態（図3B）と同様の構成には同一の参照番号を付してある。第1実施形態では、ミラーの露光光反射面と裏面のそれぞれで分離分割された複数の輻射板を設け、それぞれの輻射板に最適化された温調冷媒を流した。これに対して第2実施形態では、図6に示すように、ミラー30の露光光反射面と裏面で分離されたものの、単純な形態の輻射板125a、125bを設けた構 50

成とする。なお、輻射板125aには、ミラー30の反射面に対して入射・出射する露光光2dの通過領域を確保するための開口が設けられる。また、このような形態の冷却機構は、ミラーへ入射する露光光の光量が小さく、かつ光学的歪みに対する敏感度が低い部位に対して用いることが可能である。

【0035】

なお、照明系ミラーは投影系ミラーに比べ敏感度は低い。また、露光光量が小さいミラーとは照明系の光源において最終ミラーに近いミラーが挙げられる。つまり、「ミラーへ入射する露光光の光量が小さく、かつ光学的歪みに対する敏感度が低い部位」のミラーの一例としては、照明系の最終ミラー及びその近傍のミラーが挙げられる。

【0036】

第2実施形態による輻射板の形状を用いた場合の温調制御は、ミラー表裏のみを分離した構造であるので、第1実施形態よりもシンプルな制御になるが、制御上の考え方は同じである。但し、ミラーの反射面側の全面の温度を平均化した値、及びミラーの裏側全面の温度を平均化した値に対して冷媒の温度を決定することになる。また、反射面側は露光光の吸収があり発熱量が大きいので、当然ミラー反射面側の輻射板に供給される冷媒の温度は、裏面側の輻射板に供給される冷媒の温度より低い温度に設定する必要がある。

【0037】

<第3実施形態>

第3実施形態による冷却機構を図7に示す。図7において第1実施形態（図3B）と同様の構成には同一の参照番号を付してある。第1実施形態では、輻射板に冷却管を直接接合させて、輻射板を直接冷却していた。これに対して第3実施形態では、輻射板25a～25eと冷却管23a～23eの間に固体熱交換素子としてのペルチェ素子225a～225eを配置する。このようにして、図7に示すように、輻射板の温調をペルチェ素子で行い、ペルチェ素子の裏面の発熱部の昇温部の冷却を冷却管の冷媒で行う構成を採用することも可能である。

【0038】

<第4実施形態>

第4実施形態では輻射板の支持方法に関する変形例である。図8は図6に示した構成に対して、第4実施形態による輻射板の支持方法を適用した様子を示す図である。また、図9は図7に示した構成に対して第4実施形態による輻射板の支持方法を適用した様子を示す図である。

【0039】

第1～3実施形態では、分離分割された複数の輻射板を支持する輻射板支持体25f、25gを、ミラー支持部材32が固定されるミラー鏡筒31に固定して支持していた。これに対して第4実施形態では、輻射板支持系からミラー支持系への歪みの影響（輻射板の機械的な変形歪みがミラー支持系に伝達する可能性がある）を遮断する為に、図8、図9に示すようにミラー鏡筒とは完全に分離した輻射板支持ベース33を設け、この輻射板支持ベース33にて各輻射板を支持する輻射板支持体325f、325gを保持固定する。

【0040】

以上説明した各実施形態によれば、複数の反射ミラーの外周面に近接離間して、複数の温調された輻射板を分割して設け、ミラーを非接触状態で輻射冷却する。このため、ミラーへの冷却機構による荷重や歪みを印加することなく、ミラーを冷却できる。すなわち、ミラーの反射面に歪みを与えることなく、ミラー全体を効率良く、均一に、所定の温度に維持することが可能になる。結果として、ミラー面精度の悪化を防ぎ、投影光学系（縮小投影ミラー光学系7）においてはウエハへの結像性能の悪化及び照度低下を防ぎ、照明系（露光光導入部5）においてはマスクに対する照度低下及び照度ムラ悪化を防ぎ、光源ミラー（光源発光部2）においては光源の集光不良等による照度悪化を防ぐ効果が得られる。これらの効果は、総じて露光装置の露光精度及びスループット等の基本性能の向上を可能にする。

また、上記実施形態によれば、ミラーの露光光反射面側及びその裏面側で異なる温度に制

10

20

30

40

50

御された複数の分離した輻射板を設けている。このため、複数の輻射板をミラー外周面に対して最適に配置することが可能となり、これにより、ミラー面の各部の温度に適した輻射冷却を行なえる。

また、ミラーの露光光反射面及びその裏面に、ミラー外形形状に略沿った形状で略一定距離で離間して輻射板を設けることにより、ミラー面に対して均一な輻射冷却を行うことができる。

【0041】

また、反射ミラー母材上に、あるいはこれに近接離間した位置に温度計測器が設けられ、該温度計測器からの温度計測信号に基づいて各輻射板を温調するための冷媒の温度が制御

10

されるので、輻射板ひいてはミラーの全体を一定の温度に維持することができる。また、第4実施形態によれば、輻射板の表面温度をペルチェ素子等の固体冷却素子により制御するようにしたので、より効率良く輻射板の温調を実現することができる。

【0042】

<他の実施形態>

次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの生産方法の実施形態について説明する。

【0043】

図11は微小デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（露光制御データ作成）では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップ3（ウエハ製造）
20
ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0044】

図12は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの
30
表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0045】

以上のようなデバイス生産方法によれば、微細な回路パターンを有するデバイスを生産す
40
ることができる。

【0046】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、露光装置の反射光学系に用いるミラーの温度上昇を抑えることが可能となり、ミラー反射面の面形状精度が維持される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態による露光装置の全体的な構成を示す図である。

【図2】本実施形態による光源発光部の詳細を示す図である。

【図3A】第1実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図3B】第1実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

50

【図 4】 第 1 実施形態によるミラー温調システムを示すブロック図である。

【図 5】 第 1 実施形態のミラー冷却機構による温調状態でのミラー表面の温度分布を示す図である。

【図 6】 第 2 実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図 7】 第 3 実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図 8】 第 4 実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図 9】 第 4 実施形態によるミラー冷却機構を説明する図である。

【図 10】 一般的な凹面タイプのミラーの形状を説明する図である。

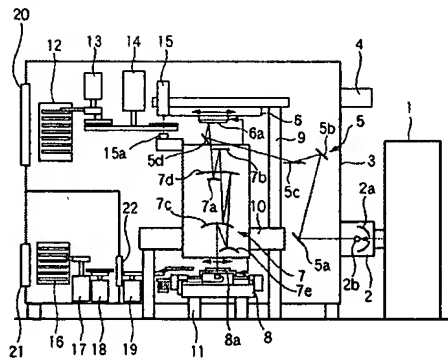
【図 11】 ミラーにおける温度上昇を説明する図である。

【図 12】 半導体デバイスの製造フローを説明する図である。

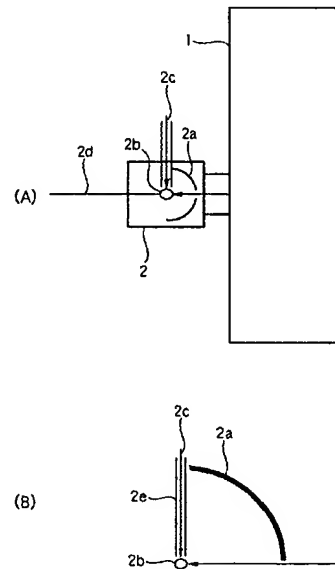
【図 13】 図 12 のウエハプロセスの詳細を説明する図である。

10

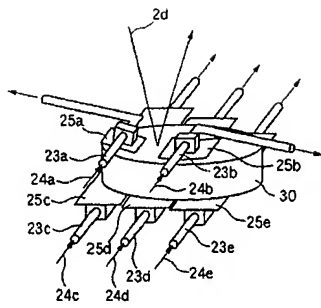
【図 1】



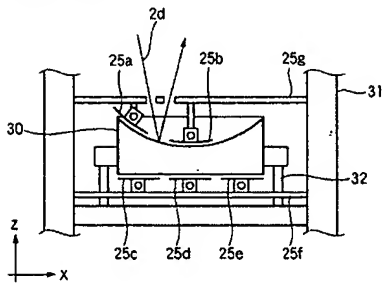
【図 2】



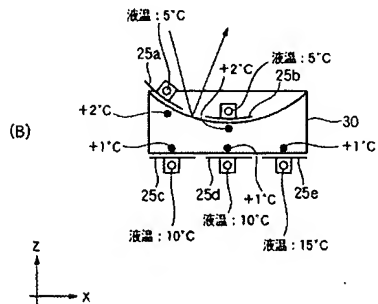
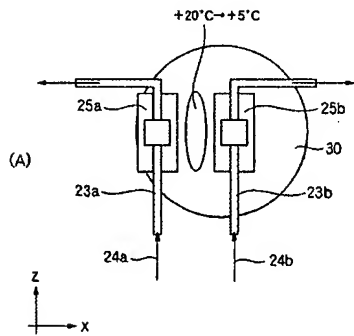
【図 3 A】



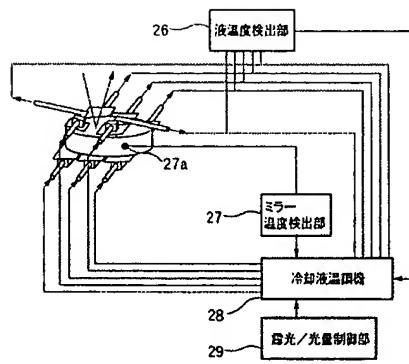
【図 3 B】



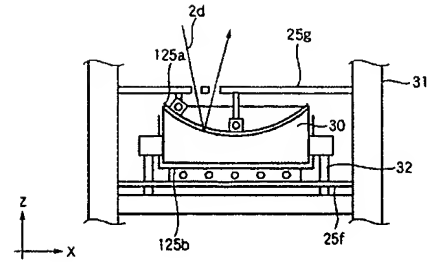
【図 5】



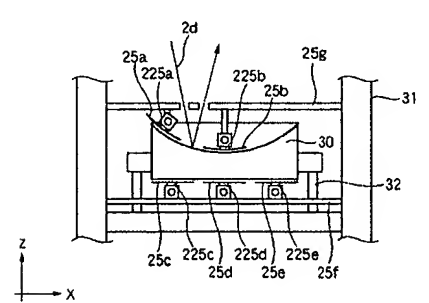
【図 4】



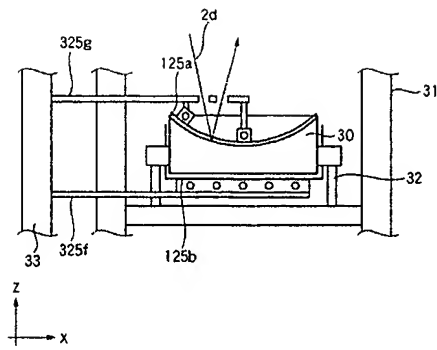
【図 6】



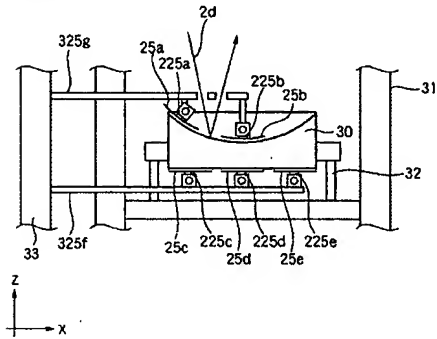
【図 7】



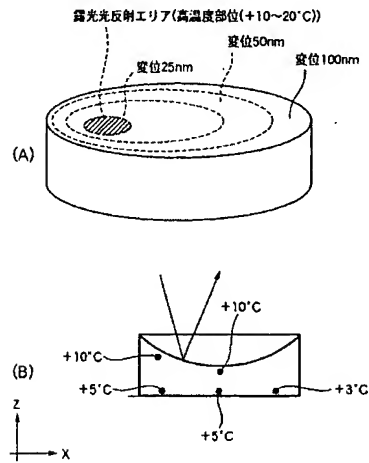
【図 8】



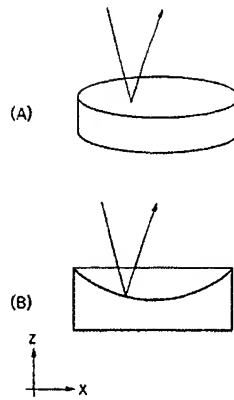
【図 9】



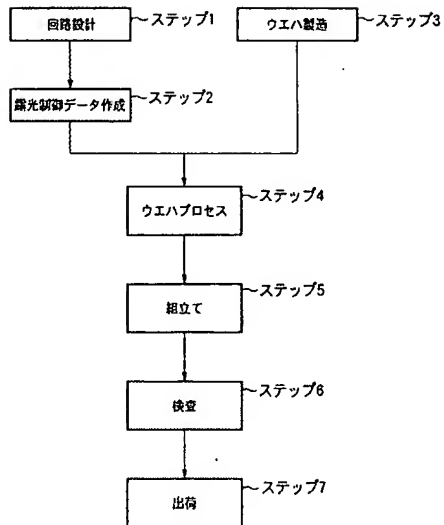
【図 11】



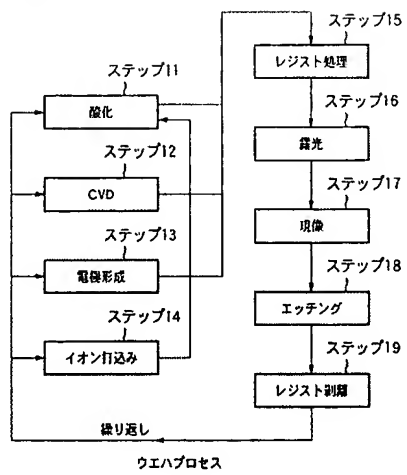
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/30 5 0 2 D

H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

H 0 1 L 21/30 5 1 7

H 0 1 L 21/30 5 3 1 A

F ターム (参考) 2H087 KA21 NA04 TA02

2H097 AA02 AB05 BA10 CA15 LA10

5F046 BA05 CA04 CB02 CB25 DA26 DA30 GB01

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成16年12月2日(2004.12.2)

【公開番号】特開2004-39696(P2004-39696A)
 【公開日】平成16年2月5日(2004.2.5)
 【年通号数】公開・登録公報2004-005
 【出願番号】特願2002-191282(P2002-191282)
 【国際特許分類第7版】

H 0 1 L 21/027
 G 0 2 B 5/10
 G 0 2 B 17/00
 G 0 3 F 7/20

【F I】

H 0 1 L	21/30	5 1 6 E
G 0 2 B	5/10	A
G 0 2 B	17/00	Z
G 0 3 F	7/20	5 0 3
G 0 3 F	7/20	5 2 1
H 0 1 L	21/30	5 0 2 D
H 0 1 L	21/30	5 1 5 D
H 0 1 L	21/30	5 1 7
H 0 1 L	21/30	5 3 1 A

【手続補正書】

【提出日】平成15年12月16日(2003.12.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

露光装置において、露光光を反射によって導く反射光学系を構成する反射ミラー装置であって、

前記露光光を反射する反射面を有するミラーと、

前記ミラーの外表面より離間して配置され、前記反射面へ入射して反射する露光光の通過域を確保して配置された輻射冷却用の輻射板と、

前記輻射板の温度調節をするための温調機構と

を備えることを特徴とする反射ミラー装置。

【請求項2】

前記輻射板は複数に分離して配置されることを特徴とする請求項1に記載の反射ミラー装置。

【請求項3】

前記通過域は、前記複数に分離された輻射板と輻射板の間に形成されることを特徴とする請求項2に記載の反射ミラー装置。

【請求項4】

前記輻射板は、前記ミラーの反射面とそれ以外の外表面とで分離されていることを特徴とする請求項2に記載の反射ミラー装置。

【請求項5】

前記複数に分離された輻射板の各々は、前記ミラーの外表面の形状に沿った形状を有し、該ミラーより略一定の距離だけ離間して設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 6】

前記冷却機構は、前記複数に分離した輻射板の各々について個別に温度調節を行なうことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載の反射ミラー装置。

【請求項 7】

前記温調機構は冷却液あるいは冷却気体を循環させることにより前記輻射板の温度調節を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 8】

前記温調機構は、
前記ミラーの温度を計測する第 1 温度計と、
前記冷却液の温度を計測する第 2 温度計と、
前記露光光の発光制御情報に基づいて前記ミラーへ入射される露光光の光量を推定する光量推定手段と、
前記第 1 温度計及び前記第 2 温度計によって得られた温度情報と、前記光量推定手段によって推定された露光光量とに基づいて前記冷却液あるいは冷却気体の温度を制御する温度コントローラとを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 9】

前記第 1 温度計は前記ミラーより所定距離だけ離間して配置された放射温度計であることを特徴とする請求項 8 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 10】

前記温調機構は、
前記輻射板に装着された固体冷却素子と、
前記固体冷却素子を冷却するべく冷却液あるいは冷却気体を循環させる循環機構とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 11】

前記ミラーを収容する鏡筒と、
前記鏡筒に固定され、前記ミラーを該鏡筒内の所定位置に維持するミラー支持部材と、
前記鏡筒に固定され、前記輻射板を前記ミラーに対して所定位置に維持する輻射板支持部材とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 12】

前記ミラーを収容する鏡筒と、
前記鏡筒に固定され、前記ミラーを該鏡筒内の所定位置に維持するミラー支持部材と、
前記鏡筒とは分離された支持ベースに固定され、前記輻射板を前記ミラーに対して所定位置に維持する輻射板支持部材とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 13】

前記温調機構は、前記ミラーに設けられた温度検出手段の検出情報に基づいて前記輻射板の温度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の反射ミラー装置。

【請求項 14】

反射光学系によって露光光を導いて、原版上のパターンをウエハに転写する露光装置であって、
前記反射光学系に配置される反射ミラーが、請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の反射ミラー装置で構成されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の露光装置を用いて回路パターンを半導体基板上に形成することを特徴とするデバイス製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0019

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0019】

16はウエハストッカーであり、装置外部から一旦装置内部にウエハ8aを保管する。ウエハストッカー16では、保管容器に複数枚のウエハが保管されている。17はウエハ搬送ロボットであり、ウエハストッカー16から露光処理すべきウエハを選定し、ウエハメカプリアライメント温調機18に運ぶ。18はウエハメカプリアライメント温調機であり、ウエハの回転方向の送り込み粗調整を行うと同時に、ウエハ温度を露光装置内部の温調温度に合わせ込む。19はウエハ送り込みハンドであり、ウエハメカプリアライメント温調機18にてアライメント及び温調されたウエハをウエハステージ8に送り込む。

【手続補正3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0021

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0021】

光源発光部2からの露光光を導入成形する露光光導入部5のミラー5a～5d及び縮小投影ミラー光学系7のミラー7a～7eは、Mo-Siの多層膜を蒸着あるいはスパッタにより形成した反射面を有し、それぞれの反射面で光源からの露光光を反射する。その際、ミラー反射面の反射率は凡そ70%程度で残りはミラー母材に吸収され熱に変換される。この結果、図11を参照して上述したように、露光光反射エリアでは温度が+10～20°C程度上昇する。そして、この温度上昇により、たとえ熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用しても、ミラー周辺部で反射面の変位が50～100nm程度発生してしまう。従って、1nm以下程度の極めて厳しい面形状精度が要求される光源発光部2、露光光導入部5及び縮小投影ミラー光学系7における各ミラーの面形状精度を保証出来なくなる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0026

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0026】

図4はミラー温調システムを示すブロック図である。図4において、26は液温度検出部であり、冷却液24a～24eがミラー30の熱を輻射により冷却した後の、排出された各冷却液の温度を検出する。27はミラー温度検出部であり、ミラー30に装着された温度計27aにより、ミラー30の表面温度をモニタする。28は冷却液温調機であり、循環する冷却液24a～24eを目標温度に制御する。29は露光/光量制御部であり、露光光の発光タイミング及び露光量を制御する。なお、ミラー温度検出部27に温度情報を与える温度計27aは、ミラー30の複数箇所に設けてもよい。

【手続補正5】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0029

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0029】

また、上記冷却液温調機28は、各輻射板の冷却液の目標温度を、ミラー温度を目標温度（例えば23°C程度）にするための冷却液温度を予測し、冷却液の温調を行なう。温調制御としては、ミラー温度変化を検出して、液温をフィードフォワード制御する例が挙げられる。また、その制御値の制御例は次のようになる。すなわち、

(1) ミラー温度検出部 27 によるミラー温度の計測、及び液温度検出部 26 によるミラー冷媒の出口側温度の計測を行なう。

(2) (1) の計測結果からミラーと冷媒の温度変化量と変化速度 (ミラー温度或いは冷媒温度の時間あたりの変化量) を算出。

(3) (2) の算出結果に基づいて、ミラー温度を目標時間内に目標温度に導くために必要な冷却速度を求め、冷却速度に基づいて供給冷媒に対する設定温度 (供給冷却冷媒設定温度) を決定するとともに、変化速度を算出。

(4) (3) で求めた設定温度と変化速度に基づいて冷却液温調機 28 における冷却液の温度司令値を決定。

(5) (1) ~ (4) をリアルタイムに実行する。

なお、露光/光量制御に関する情報は、(4) における温度指令値の決定に際し、露光光量の増減分の温度変化予測値を補正係数の形で加味する。